

Un nâs eletronic par pandi intosseaments di mufis

EMANUELA GOBBI* & ROMANO LOCCI*

Ristret. Dopo une introduzion su lis carateristichis e lis potenzialitâts dai nâs electronics, a vegnin presentâts i risultâts otignûts cuntune strumentazion comerciâl (EOS⁸⁵³) su champions di blave infetade cun culturis dal fonc *Fusarium verticillioides*, un produtôr di micotossinis. Il strument doprât a si è dimostrât adat par dicerni blave impetade di culturis dal fonc che a produsin o no produsin la fumonisine B1.

Peraulis clâf. Blave, fumonisinis, micotossinis, nâs eletronic, odôr, sensôrs.

L'odorât al è forsit il mancûl preseât dai cinc sens, a dispîet dal fat che l'odôr al è responsabil dal 70-80% de percezion di chel che nô o cercìn (Bear et al. 1996). Deventant vecje, la int si preocupe se no rive a viodi o a sintî ben come une volte, ma no bacile plui di tant se no rive adore a nasâ, come in zoventût, chel che e mangje. Par solit e dâ la colpe a la mangjative (...no je plui come chê di une volte!). E pûr l'odôr al è impuartant ancje inte vite di ogni dì, a nus dîs cuant che e je ore di svuedâ il frigorifar o cuant che alc al bruse in cusine. Al funzione come un segnâl di pericul se e je une pierdite di gas in cjase e di simpri al è il metodi normâl par capî se la mangjative e je lade di mâl.

Di chê altre bande l'om a nol è il re dal univiers, almancûl cjacarant di odorât. Par esempi, 65 centimetris cuadrâts dal cerviel di un cjan a son doprâts dome pal odorât cuintri i mancûl di 5 dal nestri. Purpûr l'om

* Dipartiment di Biologie Aplicate a la Protezion des Plantis, Universitât dal Friûl, Udin, Italie.
E-mail: romano.locci@uniud.it

al à alc come 40 milions di gnerfs par nasâ e al pues nacuarzisi di cualchi odôr ancje cun concentracions di une part par trilion. Di un pont di viste sientific però o vin problemis a diferenziâ e a cuantificâ chel che o nasìn. La int e à dificoltât ancje a cjatâ lis peraulis par descrivi lis sensazions che a rivin sot dal nâs. Gherp, dolç, lisp e v.i., a son tiermins di scjarse utilitât. E cun rivuart ai nemâi, al è ben vêr che nô o profitin des lôr capacitâts plui altis, ma o vin problemis tal doprâ in mût obietîf chest avantaç (ven a stâi tal trasformâ chest potenziâl in misuris fisichis).

Sensôrs chimics – il nâs eletronic. E je stade propit la domande di une strumentazion che e fos buine di mimâ il fenomen dal nasâ ma, inmò plui impuartant, che e podès ancje proviodi informazions obietivis par une grande sfere di aplicazions, che e à puartât tal cors dai ultins agns al disvilup dal nâs eletronic (*ENâs*).

Tant par scomençâ dutis lis sostancis che a àn odôr a svaporin piçulis cuantitâts di moleculis, clamadis odorants. Un strument bon di ricognossi chestis moleculis al ven clamât sensôr chimic.

La fonde dai ENâs. Par tradizion lis analisis dai gas a vegnin fatis par mieç de gas cromatografie (GC) e de spettrometrie di masse (MS). Chescj struments a son pluitost grandonons, a costin une vore di bêçs, lis analisis a cjapin un biel toc di timp, a son costosis e a àn bisugne di operadôrs esperts. Di chê altre bande i ENâs a son rapits, afidabii e faciî di doprâ (Gouma e Sberveglieri 2004).

I prins ENâs a àn scomençât a jessi vendûts tai agns '90 (Gardner e Bartlett 1999). A consistin di une schirie di sensôrs chimics, di un sisteme di trasferiment de arie che al permet di passâ di une arie di riferiment a chê che e à di jessi testade, di une tecniche di analisi dai segnâi e di une unitât di presentazion.

I components principâi di un ENâs a son il sisteme di rilevament (*sensing system*) e chel di ricognossiment (*pattern recognition system*).

Il compit dal sisteme di rilevament al è juste ben chel di cjapâ sù i odôrs. Ogni odorant al presente une firme carateristiche e, metint a front dal sisteme di rilevament une schirie di odorants diviers, a si rive a preparâ un *database* di riferiment. Il sisteme al pues jessi formât di un sensôr ugnul (come te GC), di une schirie di sensôrs chimics (là che ogni sensôr al misure proprietâts diferentis di une sostanza) o di un ibrit des

dôs pussibilitâts. O vin sot man diviersis categoriis di sensôrs. Sielte e numar dai sensôrs a dipindin dal fin pal cuâl al ven doprât il ENâs.

I *sensôrs condutîfs* a son di doi tips, ossits metalics o polimêrs. A gambin la lôr resistance cuant che a vegnin metûts a front di sostancis organichis volatilis. A no son masse reatîfs par odorants specifics e a son ancjemò sot studi par miorâ il lôr funzionament.

Tai *sensôrs piezoelectrics* un gas al ven adsorbît e in cheste maniere al aumente la masse dal polimêr dal sensôr cuntune riduzion de frequence de resonance. Cheste riduzion e je inviersementri proporzionâl a la masse dal odorant adsorbît.

I *transistors silico-ossit-metalics a efiet di cjamp* (*Metal-oxide-silicon field-effect-transistors* – MOSFET) a operin sul principi che lis sostancis volatilis a reagjissin denant di un metal catalitic, i prodots de reazion a si spandin e a gambin lis carateristichis eletrichis dal sensôr. Il risultât al pues jessi miorât fasint funzionâ la machine a temperaduris diferentis e/o gambiant sorte e spessôr dal ossit metalic.

I *sensôrs a fibris otichis* a son fats di fibris di veri cuntune cuvierture metaliche tes lôr estremitâts. Une font di lûs e rispuint a la presince di un odorant gambiant il colôr e chest al pues jessi misurât.

I *sensôrs spettrometrics* a si avantazin dal spetri infraros de molecule. A son struments pluitost grandonons e costôs.

Il *sisteme di ricognossiment* al à di jessi bon di butâ fûr une classificazion di ognidun dai odorants testâts in mût di permeti une identificazion automatiche. I segnâi produsûts dai sensôrs chimics a àn di jessi elaborâts e par chest a vegnin aplicadis tecnicis di analisi diferentis, sedi parametricis che mancûl. Fra chestis, o vin metodis liniârs o mancûl, come la analisi des funzions discriminantis, lis analisis di grup, la logjiche di confusion, i modei aditîfs e v.i. A chest pont il ricognossiment al pues jessi aplicât par dicerni sostancis diviersis e par istruî il sisteme in maniere che al prepari une classificazion dai odôrs, basade suntune schirie di rispuestis aromai cognossudis.

Aplicazions dai ENâs. Sul imprin i autôrs di cheste note a vevin intenzion di prontâ une tabele cun dutis lis aplicazions dal ENâs. Tornant a pensâ, la idee e je stade scartade, dome la liste de bibliografie e varès cjapât sù une vore di pagjinis di pluî. Al baste fâ notâ che une semplice ricercje sul ENâs tal web e da come risultât alc come 50.000 citazions. Chest al di-

mostre cence fal che un sisteme come il ENâs, bon di dâ rispuestis obietivis e ripetibilis, al à un cjamp di aplicazions praticementri sconfinât.

Chês che a vegnin presentadis a son dome esemplis, o di aplicazions indetadis o dome provadis a nivel sperimentâl o pûr bielzà aplicadis te pratiche.

Aghis di bevi e di cusinâ, aghis blancjis e neris, a puedin jessi controladis in mût continuatîf. Il stes control al pues jessi fat sul teren, sedi cuant che al ven doprât in agriculture, sedi par tignîlu di voli cuant che al ven recuperât, p.e. dopo di un intosseament chimic. La cualitât dal aiar e je de massime impuartance a ducj i livei, sedi inte cjase là che a si vîf, te machine che un al guide, intun veicul spaziâl o inte fabbriche là che un al lavore, e il ENâs al à mostrât il so potenziâl in chest cjamp. Identificazion di profums, droghis, esplosîfs e v.i., e je pûr simpri une cuestion di... ENâs.

In agriculture i ENâs a son doprâts come segnadôrs no invasîfs par savê cuant che il frutam al è madûr e par viodi i prins segnâi des malatiis. Par diviers prodots il moment just pe racuelte al pues jessi decidût cul ENâs. Intal cjamp de mangiative lis aplicazions a son cetantis di no rivâ adore di ricuardâlis dutis. Tant par scomençâ lis decisions su la fresceje, la tignude dai contignidôrs, la deteriorazion di prodots primaris e trasformâts e v.i., a si basin par solit sul odorât, un parametri une vore sogjetîf, replicabil a stent, no cuantificabil e par nuie sientific. Il ENâs al pues, e di fat al da une man. Problemis a son stâts frontâts cun sucès a rivuart da la tipicitât dal vin, dai malodôrs te bire, da la presince di components secundaris tai distilâts. ENâs a son stâts doprâts par determinâ l'efiet di temperaturis diferentis tal cors dal brustulament dal cafè. Par di plui in dutis lis trasformazions dai prodots agraris a si sint la dibisugne di un sisteme di control continui che al sedi ogjetîf e i ENâs a son adats par fâ il lavôr.

A prin tîr la medisine e somearès une dissipline cence nissune pussibilitât di vê un vantaç dai ENâs. Al fâs ridi il fat che no propit tant timp indaûr i miedis a nasavin il flât dai malâts par fâ la diagnosi des malatiis. Cumò al salte fûr che e esist dute une classificazion dai malodôrs e che la analisi dal flât e pues judâ te diagnosi, par esempli, dal diabet di tip 2, dal cancar dai polmons e v.i. Fat riflès ai ponts ricuardâts disore, no si pues maraveâsi che ancje la medisine legâl e puedi vê dai vantaçs doprant il ENâs, come che di fat al sucêt.

Par finî cuntune note un pôc plui lizere, ognidun di nô al cognòs cualchidun che al “puce”. La veretât e je che ducj, oms e feminis, o pucìn e,

li al sta il pont, in maniere diferente. Par tant, in plui des carateristichis fisichis, come chês dai voi (iride, redine), forme de muse, des mans e des orelis, gjeometrie des venis de man e de canole e v.i., parcè no impleâ ancje l'odôr dal cuarp par determinâ chê che e je stade definide la “autenticazion biometriche di une persone”? Cul ENâs naturalmentri. Ultime note, cumò a stan saltant fûr ancje lis “lenghis eletronicis”, une schirie di sensôrs che a funzionin tai ambients licuits.

Ricercje sperimentâl. Come esempli des potenzialitâts de tecniche descrite disore, a vegnin presentâts i risultâts otignûts intune ricercje su la pussibilitât di scuvierzi, cul jutori dal ENâs, foncs che a produsin fumonisine te blave. Lis carateristichis e la impuartance des fumonisinis pe agriculture furlane a son bielzà stadis presentadis intune altre note (Locci e Gobbi 2002).

La deteriorazion dal gruessam e je causade massime di organisims (nemâi roseadôrs, insets), ma i principâi responsabii a son i foncs. Lis pierditis provocadis dai foncs a son leadis a la lôr cressite intai cereâi e a la produzion di metabolitis tossichis (micotossinis). In plui des micotossinis, i foncs a produsin ancje metabolitis volatilis che a puedin jessi dopradis come indicadôrs dal deteriorament o pûr come marchîrs des micotossinis (Jelen et al. 1995). Par solit la cualitât dal gruessam e ven valutade tai centris di racuelte (silos, magazens, secjadôrs) di ispetôrs che a nasin il materiâl (Magan 1993). Cence tornâ a ripeti lis critichis su la scjarse obietivitât dal nestri odorât, al sarès ben ancje tignî cont dai pericui par la salût, causâts da la esposizion ripetude a sporis di foncs e sostancis volatilis tossichis.

Materiài e Metodis

Campions di blave. Vincjecinc grams di grignei di un ibrit comerciâl di blave (*Zea mays* L.), sminuçâts e sterilizâts a son stâts metûts in vâs di veri di 250 ml. Provis preliminârs a vevin mostrât come che cuantitâts plui grandis no vevin efiet su la intensitât dal segnâl o su la ripetibilitât. Doi filtris di siringe (0.45µm), puestâts te cuvierture dal vâs, a siguravin la sterilitât dal aiar. Par ogni tratament a son stâts doprâts vot vâs.

Foncs. Pe ricercje a son stadis dopradis dôs culturis di *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. La culture M3120 e je un produtôr standard di

fumonisine B1 (FB1⁺), M5496 al è invezit un mudant dal fonc che a nol prodûs plui la micotossine (FB1⁻). Lis culturis a son stadis otignudis dal *Fusarium* Research Center, Pennsylvania State University, University Park, PA, SUA. I grignei a son stâts inoculâts cun conidis (1×10^7) di ognidune des culturis e incubâts a 26°C. Grignei sterilizâts a son stâts usâts come control. Cun di plui blave no sterilizade e je stade incubade cence inoculazion par vê un altri control de capacitât dal sisteme.

Fumonisine. La presince de fumonisine e je stade determinade doprant il kit comerciâl CD-ELISA kit (Veratox, Neogen, Lansing, SUA) daûr da lis istruzions dal fabricant.

ENâs: sensôrs, campionament e analisi dai dâts. In chest studi al è stât doprât un ENâs eletronic comerciâl EOS⁸³⁵ produsût da la dite Sacmi scarl, di Imola, Italie. La machine e consist di une pompe par campionâ l'aiar, di un *detector* cuntune schirie di sensôrs e dal *software* pe analisi dai dâts (Figure 1).

Il *detector* al presente une schirie di sîs semicondûtôrs diviers (sensôrs) fats di un film fin di ossit di metal (MOS) (Tabele 1), montâts intune piçule cjamare e tignûts a 250-500 °C par dut il timp de analisi (Falasconi et al. 2005). Il sensôr al funzione lassant passâ une corint eletriche traviars dai microcristai. Te superficie dai cristai al ven adsorbît ossigen che al forme une bariere di potenziâl. La misure de bariere e corispuint a valôrs diferents de resistance dal sensôr, plui alte e je la bariere e plui grande e je la resistance.

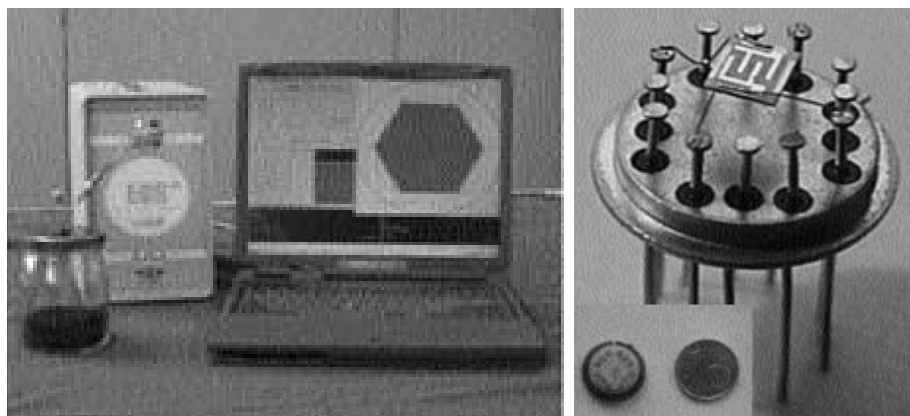


Figure 1. Il nâs eletronic (ENâs) doprât te ricercje.

Di chê altre bande, metude a front di un gas deossidant la resistance dai grans e cale e a si pues tornâ al nivel di partence. I sensôrs a puedin reagjî a gas deossidants diviers.

Tabele 1. Disposizion dai sensôrs tal nâs eletronic EOS⁸³⁵.

#	Strât Atîf	Catalist (tip, spessôr)	Temperadure di funzionament (°C)
1	SnO ₂ RGTO	Au, 40 Å	
2	SnO ₂ RGTO	Ag, 38 Å	450
3	WO ₃	-	350
4	SnO ₂ RGTO	Mo, 45 Å	450
5	SnO ₂ -In ₂ O ₃	-	450
6	In ₂ O ₃	-	475

Il campionament dai odôrs al inclût diviersis fasis. La prime e je chê di purificazion, par otignî la linie di base o di partence, i sensôrs a vegnin a contat cul aiar di confront (aiar ambient sterilizât par filtrazion e pasât traviers cjarbon atîf), pompât te cjamare dai sensôrs a velocitât costante (180 cc/min) par 60 seconts, in mût di otignî une linie di base stabil. Te seconde fase si à il campionament reâl e lis sostancis volatilis, che a rivin dai vâs e a vegnin a contat cui sensôrs. In cheste ricercje la umiditât relative e jere dal 28% (a 50 °C) par ducj i campions cuntune variazion medie dal 2%. I gas a vegnin pompâts te cjamare dai sensôrs par 60 seconts. Fra une misure e chê altre i campions a tornin a 26 °C e i sensôrs a vegnin metûts a front dal aiar di confront par 10 minûts, in mût di tornâ a la linie di partence. Vie pe prime setemane lis misuris a son stadis fatis 24, 48, 72 e 96 oris a partî de inoculazion e daspò une volte ogni siet dîs par sîs setemanis.

Une prime analisi di esplorazion (*pre-processing*) e ven fate mediant PCA (*Principal Component Analysis*) par controlâ la cualitât dai dâts, par scuvierzi dâts irregolârs e par ridusi il rumôr di fonde causât di misuris anomalis. La PCA (Wold et al. 1987) e je une tecniche statistiche une vore buine parcè che e si preste par lavorâ cun dâts cetant grandonons e e consint di meti in lûs similaritâts e diferencis. Un altri vantaç de PCA al è che cuntune procedure matematiche e ridûs la complessitât dai dâts, scartant dependencis relativis e mantignint, tal stes timp, il massim de informazion pussibil. In altris peraulis e trasforme un grant numar di va-

riabilis coreladis intune schirie plui piçule di variabilis no coreladis, ven a stâi i components principâi (*principal components*). In forme grafiche la PCA e fâs zirâ i dâts in mût che la variabilitât e ven proietade suntune schirie di assis. Il prin as (I component principâl) al presente la massime cuantitât di variazion. Il secont as (II component principâl) al mostre il massim di variazion ortogonâl al prin, il tierç chel ortogonâl al prin e al secont e vie indenant. Come *inputs* de PCA a vegnin doprâts i rapuarts R/R0 (là che R0 e je la resistance de linie di base e R il minim de curve de rispuete dai sensôrs).

La capacitât classificatorie dal ENâs e ven controlade cul metodi kNN (Cover e Hart 1967). Tal metodi k-Nearest Neighbours (leteralmentri: metodi dai vicinants plui tacâts) l'algoritmi al impare, daûr di istruzions controladis e lavorant su champions di classifiche innomenade (*training set*), a produsi regulis di predizion par classificâ il grup di champions gnûfs di testâ (*test set*). Il metodi al classifiche un pont calcolant la distance fra il pont stes e i ponts presints tal *training set*, ven a stâi te classifiche di istruzion. Cuant che a si cjate a front di un gnûf campion, il kNN al cîr tal *training set* il vicinant che al sta plui dongje par similaritât o par distance fisiche. Ogni campion al ven classificât destinant il pont a la classe che e je plui comun fra i siei vicinants, su la base de distance Euclidee.

Risultâts. In cheste ricercje il prin probleme frontât al è stât chel di inscuelâ il sisteme a ricognossi la colonizazion stes, ven a stâi, a diferenziâ i champions di blave colonizâts dai foncs (C, inoculâts di pueste) di chei no colonizâts (NC). I dâts analizâts a consistevin di 50 elements C e 150 NC. Chescj a son stâts dividûts a sorte in doi grups, chel di istruzion (*training subset*, 114 elements: 86 C e 28 NC) e chel di testâ (*test subset*, 86 elements: 64 c e 22 NC). Cun di plui 21 elements, ven a stâi champions di blave no sterilizade, a son stâts confrontâts cul miôr classificadôr par confermâ la validitât dal sisteme.

La analisi esplorative dai dâts cjapâts sù tai prins dîs e mostre come che la colonizazion dai champions di blave e pues jessi metode in evidenza bielzà 24 oris dopo da la inoculazion (Figure 2). Cu la PCA une nete difference e pues jessi osservade fra la blave sterilizade te autoclâf e i champions colonizâts di culturis di *F. verticillioides*. La difference e je tipiche

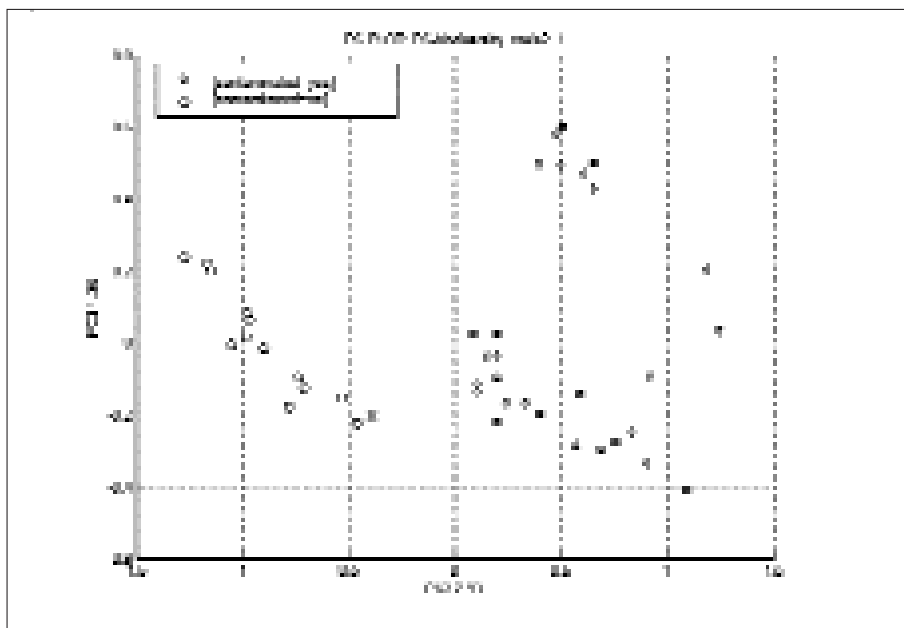


Figure 2. Analisi PCA dai dâts dai campions sterilizâts (*cerclis*) e di chei colonizâts des culturis M3120 e M5496 (*stelis*) di *Fusarium verticillioides*.

doprant PC2, che e rapresente cuasi il 8% de variance. PC2 e separe i campions di blave sterilizâts di chei inoculâts, cence tignî cont de capacitât o mancual di produci micotossinis. PC3 (cirche l'1% de variance totâl) e mostre une separazion parziâl dai foncs in dôs classis, cun FB+ su la bande plui alte dal diagram e FB- te bande basse e plui tacade ai campions di blave sterilizade. La separazion no je nete parcè che cualchi campion FB1⁺ a si compuarte anjemò come chei che a no son tossigenics.

Une volte stabilide la presince, o pûr la assence, de colonizazion fongjine, il ENâs al è stât testât pe sô capacitât di diferenziâ lis culturis responsabils de colonizazion, ven a stâi, di classificâ chês FB1⁺ e chês FB1⁻. La prove e je stade fate sui dâts cjapâts sù tal cors de prime setemane di cressite, propit cu la idee di determinâ il potenziâl diagnostic de strumentazion ta lis primis fasis de colonizazion fongjine.

Informazions indicativis a puedin jessi otignudis ancje cu la PCA. Da-

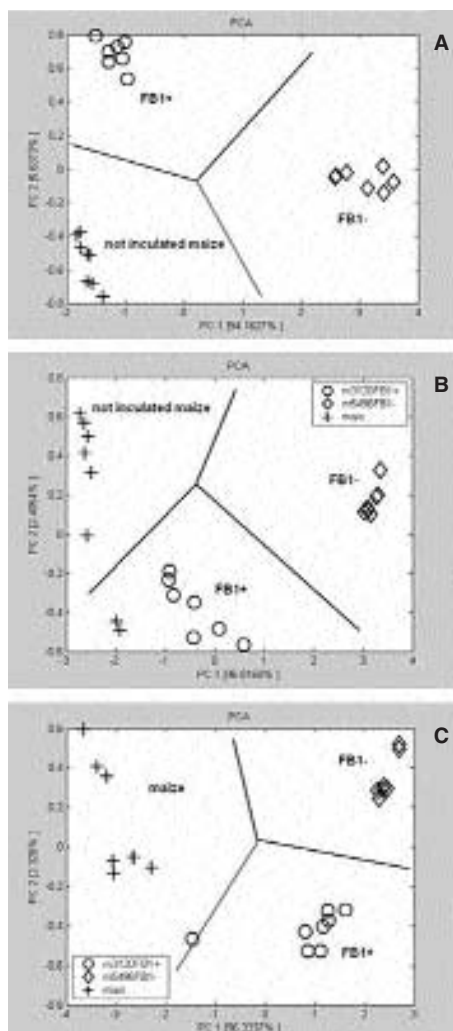


Figure 3. Diagram de analisi PCA di campions di blave inoculâts o mancun cul culturis tossigenichis e no tossigenichis di *Fusarium verticillioides* dopo 48 (A), 72 (B) e 96 oris (C) di incubazion.

dopo 4 setemanis la discriminazion e je plui nete cul PC2 che no cul PC1.

Tests imunologjics (CD-ELISA) fats in contemporanie a confermin che dome la culture M3120 e prodûs fumonisine B1.

Inte classificazion fate cul metodi kNN, dome un campion al risulste

spò 24 oris di cressite lis reazioni dal ENâs par lis dôs classis di culturis (FB1+ e FB1-) a son cuasi compagnis. Une diferenziacion e je invezit pussibil dopo 48 oris e e je confermade dopo 72 e 96 oris. Il prin component al è responsabil dal 90% e il secont dal 2,5-5,0% de variance totâl. Il I e il II component a separin trê grups ben nets: tal diagram, lis culturis di *Fusarium verticillioides* che a no produsin fumonisine (FB1-) a van a finî a diestre, chês dai *F. verticillioides* produtôrs de micotossine (FB1+) te bande centrâl adalt e la blave sterilizade e je posizionade te zone basse dal diagram.

La separazion dai campions des culturis (FB1+ e FB1-) e augmente cul timp fintremai a 72 oris e dopo e reste costante. Lis misuris a mostrin ancje une buine ripetibilitât e al è facil scuvierzi e fâ fûr, i dâts anomai causâts, par esempi, di erôrs tes operations di campionament. Il diferenziament al è pussibil ancje tes setemanis sucessivis ancje se il nivel di diferenziacion al pues gambiâ cul timp, cussì par esempi dopo

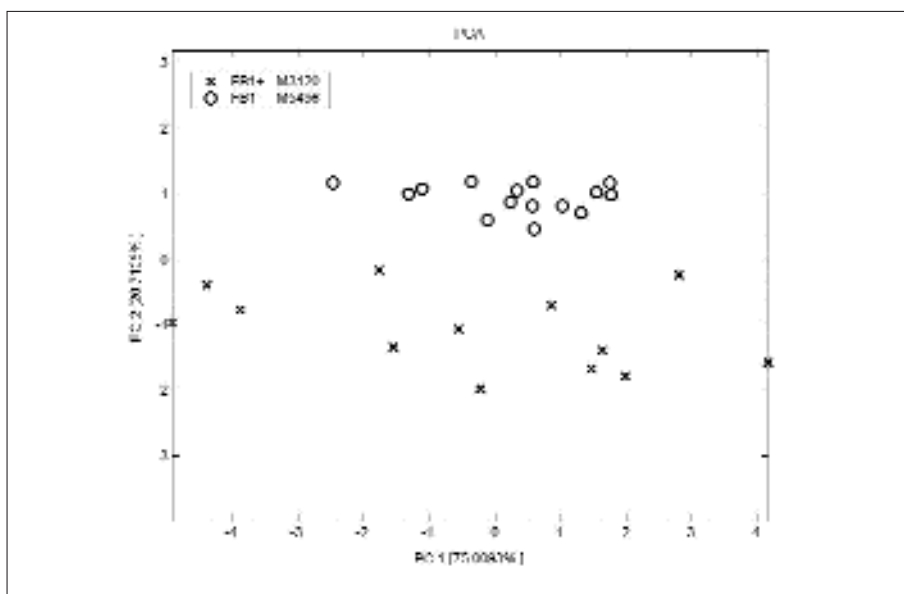


Figure 4. Diagram de PCA di campions di blave colonizâts da lis dôs culturis di *Fusarium verticillioides*.

anomal e fals positîf (ven a stâi un campion di blave no inoculât che al va a finî insiemit cun chei colonizâts). La miôr classificazion e je chê otgnude cun 1NN; cuant che chest classificadôr al ven aplicât al *validation set*, i campions di blave no sterilizâts a vegnin ducj classificâts in mût coret. Inte classificazion, doprant par prin 1NN, lis misuris tiradis sù dopo 48 oris a vegnin consideradis come *training set* (pe 'istruzion' dal ENâs) e chês di chei altris timps di cressite (72 e 96 oris, 1 setemane) a vegnin testadis. Daspò il *training set* al ven di volte in volte inzornât. I risultâts de classificazion a miorin cul cressi dal timp di incubazion. A peiorin invece (in altris peraulis al cres l'erôr) cuant che al aumente il timp fra il *training* e il *test set*. Chest al dipint de cressite dal miceli dal fonc che al interferis cu lis misuris.

Discussion. Par tradizion l'esam micologic de mangiative par l'om e par i nemâi al ven fat secont une metodologjie che e consist tal piastrâ il materiâl, dopo diluizion adate, su terens di laboratori e tal contâ lis coloniis dal fonc che a si formin (CFU: *colony forming units*). Il vantaç principâl

dal CFU al è che il metodi al è ben stabilît e adotât in dut il mont. Par altri a coventin 1-2 setemanis pe incubazion e ancje operadôrs specializâts pe interpretazion dai risultâts. Cun di plui il metodi al da une stime puare de biomasse fongjine (Pitt, 1984).

Par misurâ il nivel de contaminazion fongjine al ven impleât il nivel di ergosterol. Il metodi di determinazion dal ergosterol al è plui fin di chel dal CFU, al rapresente un bon parametri par vê une idee de biomasse fongjine e, a difference dal CFU, a nol aumente cul cressi de sporulazion dal fong (Schnürer 1993). I disvantaçs a son che il metodi a nol è rapid e al à dibisugne di une strumentazion cromatografiche speciâl (HPLC). In fin la determinazion dal ergosterol no servîs par nuie par identificâ la specie dal fong. I fongs a son identificâts studiant lis carateristichis morfologjichis, che a no son simpri facilis di clarî. Lis technichis di PCR e di *real time* PCR (Boysen et al. 2001) a son alternativis une vore plui rapidis, stant che il DNA al pues vignî estrat dal campion cence vê di incubâlu. La sensibilitât de PCR e je une vore plui alte di chê dal CFU o dal ergosterol, ma une analisi ugnule e je pluitost costose (ancje se e je vere che diviers campioni a puedin jessi studiâts insiemit). Un altri disvantaç al è che i risultâts a son une vore dependents dal metodi di estrazion dal DNA adotât.

La plui alte sensibilitât otignude inte analisi di sostancis volatilîs prodotîs tal cors de cressite dai fongs su substrâts diferents e je chê de GC-MS; la techniche e à dibisugne di une preparazion dal campion e di timp pe valutazion dai risultâts. Di chê altre bande e je buine di scuvierzi e cuantificâ ogni ugnul compost presint.

Livei cussî elevâts di diferenziament no puedin jessi otignûts doprant i ENâs. Al moment la sensibilitât e je ancjemò une vore plui basse e e je necessarie une calibrazion preliminar de strumentazion. Di chê altre bande no si scugne fâ une preparazion dal campion. Il ENâs doprât in cheste ricercje al sfrute une tecnologjie di identificazion dai gas basade su la sensibilitât dai semiconduttori di ossidi di metal. I MOS a son i sensôrs doprâts plui di ducj chei di altris classis tai sistemis di ENâs pe analisi di odôrs. Il lôr avantaç al è chel di vê une buine sensibilitât (tal ordin di 10-5000 ppm) cun rivuart a une largje sfere di composcj volatilîs, une grande stabilitât e une vite medie di 3-5 agns, naturalmentri tignint cont di trop che i sensôrs a vegnin doprâts.

Al è bielzà stât dimostrât che la tecnologjie dai sensôrs e je adate par valutâ la cualitât micologjiche dai cereâi (Olsson et al. 2000, 2002), di scuvierzi la presince di cualchi grup di micotossinis e in part ancje di cuantificâlis (Jelen et al. 1995). Cun di plui il ENâs al permet di diferenziâ bateris (Gibson et al. 1997, Magan et al. 2001), levans (Magan et al. 2001) e foncs (Kershri et al. 2003).

Tal cjamp specific bielzà agns indaûr a son stâts publicâts (Kershri e Magan 2000) risultâts otignûts usant un ENâs sul diferenziament di culturis di *Fusarium* spp. cun tossicitât diferenziade. In realtât la ricercje e jere stade fate su culturis dal fonc arlevadis su substrâts di laboratori. Il studi ripuartât achì al è clarementri gnûf, stant che la produzion di micotossinis e je stade analizade sui terens naturâi dal fonc.

In conclusion su blave infetade di culturis tossigenichis o mancul dal stes fonc, EOS⁸³⁵ al à dimostrât une plui che buine capacitât classificatorie, stant che al è stât bon no dome di scuvierzi la contaminazion de blave tes primis fasis de cressite fongjine, ma ancje di diferenziâ il potenzial tossic des culturis dopradis. Cun di plui seguint la cressite fongjine tal timp suntun substrât naturâl, al è stât pussibil di provâ la stabilitât e la ripetibilitât dai risultâts otignûts cul strument.

I risultâts otignûts a sugerissin che il ENâs al è un imprest une vore util pal studi di prodots volatii dai foncs. La metodologjie e je semplice, rapide, no à dibisugne dal isolament des sostancis e nancje di trataments speciâi dal campion.